

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Návrh železobetonových konstrukcí rodinného domu

Design of reinforced concrete structures of family house

Student:

Jan Anton

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavlína Matečková, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Anton**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607R037 Konstrukce staveb
Téma: **Návrh železobetonových konstrukcí rodinného domu**
Design of reinforced concrete structures of family house
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci bakalářské práce bude vypracován návrh železobetonových, případně zděných konstrukcí v rodinném domě. Studie rodinného domu dle volby studenta musí být odsouhlasena vedoucím bakalářské práce. Budou navrženy vodorovné stropní konstrukce a svislé nosné konstrukce, konstrukce schodiště a konstrukce základových pásů. Student vypracuje výkresy výztuže navržených prvků.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení stavebních konstrukcí.


ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavlína Matečková, Ph.D.**

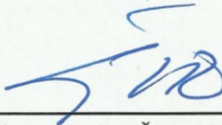
Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 04.05.2018



doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucí bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne.....

.....

podpis studenta

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ANTON, J. *Návrh železobetonových konstrukcí rodinného domu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2018

Cílem této bakalářské práce je návrh železobetonových konstrukcí rodinného domu. Tato bakalářská práce se zaměřuje především na statický výpočet s výpočtem zatížení a návrh vybraných železobetonových prvků. Příloha obsahuje výkresovou část, ve které je zpracována studie rodinného domu a výkresy výztuže a tvaru vybraných železobetonových prvků. Tato práce je v rozsahu 58 stran.

Klíčová slova

Zděná konstrukce, železobetonová konstrukce, stropní deska, nosník, schodiště, základy

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ANTON, J. *Design of reinforced concrete structures of family house: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, 2018

The aim of this bachelor thesis is a design of reinforced concrete structures of family house. This bachelor thesis are focused mainly on static calculation with load calculation and design of selected reinforced concrete structures. The annex contains a drawing part in which is a study of family house and the drawing of the reinforcement and the shape of the selected elements are processed. This thesis is in range of 58 pages.

Key words

Brick construction, reinforced concrete structures, ceiling board, crossbeam, staircase, foundation

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
1 Úvod	11
2 Technická zpráva.....	11
2.1 Popis dispozičního řešení.....	11
2.2 Konstrukční řešení.....	11
3 Uvažované zatížení na objekt	12
3.1 Vlastní tíha a stálé zatížení.....	12
3.2 Užité zatížení	12
3.3 Zatížení sněhem.....	12
3.4 Zatížení větrem.....	12
4 Výpočet zatížení na objekt.....	13
4.1 Vlastní tíha a stálé zatížení.....	13
4.1.1 Vodorovné konstrukce	13
4.1.2 Svislé konstrukce	14
4.2 Užité zatížení	15
4.3 Zatížení sněhem.....	15
4.3.1 Nenavátý sníh	16
4.3.2 Navátý sníh.....	17
4.4 Zatížení větrem.....	17
4.4.1 Svislé stěny.....	19
4.4.2 Plochá střecha	21
5 Návrh prvků.....	23
5.1 Střecha.....	23
5.1.1 Zatížení.....	24
5.1.2 Navržený průřez.....	24
5.1.3 Posouzení	24

5.2	Železobetonový věnec 2.NP.....	25
5.2.1	Zatížení.....	25
5.2.2	Výpočet vnitřních sil.....	26
5.2.3	Materiál	26
5.2.4	Krytí výztuže	27
5.2.5	Dimenzování na ohyb	28
5.2.6	Únosnost ve smyku	29
5.2.7	Omezení průhybu.....	32
5.3	Železobetonová monolitická deska nad 1.NP	32
5.3.1	Materiál	33
5.3.2	Krytí výztuže	34
5.3.3	Návrh a posouzení výztuže	34
5.4	Železobetonové průvlaky nad 1. NP.....	41
5.5	Schodiště	43
5.5.1	Výztuž podesty	43
5.5.2	Výztuž schodišťových ramen	46
5.6	Zdivo	47
5.6.1	Návrhová únosnost zděné stěny v tlaku	47
5.6.2	Stěna zatížena bočním tlakem větru	49
5.7	Základová konstrukce	50
5.7.1	Zatížení.....	50
5.7.2	Návrh a posouzení základových pásů	51
5.7.3	Návrh výztuže stěny ze ztraceného bednění.....	53
6	Závěr	54
	Seznam použité literatury	56
	Seznam obrázků a tabulek	56

Seznam použitých značek a symbolů

A_c	průřezová plocha betonu	[mm ²]
A_s	plocha výztuže	[mm ²]
A_{sw}	plocha výztuže třmínku	[mm ²]
F_s	síla ve výztuži	[kN]
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu	[kNm]
M_{Rd}	návrhová hodnota momentu únosnosti	[kNm]
V_{ed}	návrhová posouvající síla	[kN]
$V_{Rd,c}$	návrhová únosnost ve smyku prvku bez smykové výztuže	[kN]
$V_{Rd,s}$	posouvající síla, kterou přenesou smyková výztuž na mezi kluzu	[kN]
b	šířka	[m]
c_{dev}	toleranční zvětšení krytí	[mm]
c_{min}	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti	[mm]
c_{nom}	jmenovitá hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy	[mm]
$c_{min,dur}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí	[mm]
d	účinná výška průřezu	[mm]
d_g	maximální průměr zrn kameniva	[mm]
f_{bd}	návrhová hodnota mezního napětí v soudržnosti	[MPa]
f_{cd}	návrhová válcová pevnost betonu v tlaku	[MPa]
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku	[MPa]
$f_{ctk0,05}$	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu – 5% kvantil	[MPa]
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu	[MPa]
f_{ctm}	pevnost betonu v tahu	[MPa]
f_{yd}	návrhová hodnota meze kluzu oceli	[MPa]
f_{yk}	charakteristická hodnota meze kluzu oceli	[MPa]
f_{ywd}	návrhová hodnota meze kluzu třmínkové výztuže	[MPa]
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení	[kN/m ²]

$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka	[mm]
q_k	charakteristická hodnota užitého zatížení	[kN/m ²]
x	výška tlačené oblasti	[m]
z	rameno vnitřních sil	[m]
α_{ct}	součinitel zohledňující dlouhodobé účinky na pevnost v tlaku a nepříznivé účinky vyplývající ze způsobu zatěžování	[-]
γ_c	součinitel spolehlivosti betonu	[-]
γ_s	součinitel spolehlivosti oceli	[-]
η_1	vliv soudržnosti	[-]
η_2	vliv průměru prutu	[-]
θ	úhel tlačných diagonál	[°]
λ	součinitel definující efektivní výšku tlačené zóny	[-]
ρ	objemová hmotnost	[kg/m ³]

Další značky jsou definovány při prvním výskytu.

1 Úvod

Náplní této bakalářské práce je navrhnout a následně posoudit základní železobetonové části rodinného domu na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti dle platné evropské normy EC2 [4]. Veškeré zásady při navrhování jsou dle ČSN EN 1990 [5]. Součástí tohoto projektu je krátká technická zpráva. Následuje výpočet zatížení sněhem, větrem, stálým a užitným zatížením dle EC1 [1,2,3] a posudek vybraných prvků. Součástí projektu je také výkresová dokumentace, konkrétně výkresy půdorysů a řezů, výkresy tvarů a výztuže vybraných posuzovaných železobetonových prvků.

2 Technická zpráva

2.1 Popis dispozičního řešení

Rodinný dům je řešen jako samostatně stojící. Dům je dvoupodlažní, čtvercových půdorysných rozměrů, s garáží umístěnou na boční straně objektu. Vstupní závětrí je tvořeno pomocí předsazené garáže a stříšky nad vstupem. Hlavní část domu i garáž je zastřešena plochou střechou. Přes vstupní zádveří se vchází do chodby, ze které je přístupná šatna, technická místnost, WC, pracovna, obývací pokoj s kuchyní a schodiště. Z obývacího pokoje je východ na terasu. Ve druhém nadzemním podlaží se nachází chodba, ze které se přechází do koupelny, dětského pokoje, WC, ložnice a hal. Z ložnice a hal se přechází na terasu.

2.2 Konstruktivní řešení

Základovou konstrukci tvoří pásy z prostého betonu, železobetonová stěna ve ztraceném bednění a železobetonová deska, která slouží jako podklad pro podlahu v 1.NP.

Zdivo celého objektu je navrženo z tvárnic Ytong. Svislou nosnou konstrukci obvodového pláště tvoří tvárnice Ytong Lambda YQ 450. Vnitřní nosné stěny a obvodové stěny garáže jsou z tvárnic Ytong Standard 300. Vnitřní nenosné stěny jsou navrženy z tvárnic Ytong Klasik 150.

Stropní konstrukce nad 1.NP tvoří monolitická železobetonová deska vyztužená v obou směrech, monoliticky spojena s železobetonovým věncem.

Pohyb ve svislém směru zajišťuje dvouramenné monolitické železobetonové schodiště. Schodiště bude uloženo do nosných stěn uvnitř budovy.

Nosná část střešního pláště je navržena z prefabrikovaných dutinových stropních dílců Spiroll, které jsou uloženy na monolitických železobetonových věncích.

3 Uvažované zatížení na objekt

3.1 Vlastní tíha a stálé zatížení

Je uvažováno se zatížením vlastní tíhou samotné konstrukce podle [1]. Stálé zatížení je dáno skladbou podlah, střechy a skladbou svislých konstrukcí podle [1].

3.2 Užitné zatížení

V 1. a 2. NP se uvažuje užitné zatížení kategorie A (stropní konstrukce). Užitné zatížení na balkonovou desku je uvažováno kategorie A (balkony). Na střeše je uvažováno s užitným zatížením kategorie H (střechy), avšak není s ním počítáno, jelikož je rozhodující zatížení sněhem.

3.3 Zatížení sněhem

Objekt se bude nacházet v Bolaticích, které spadají do II. sněhové oblasti. Uvažuje se zatížení sněhem na pultové střeše (plochá střecha je speciální případ pultové střechy). Je nutno uvažovat dvě různá základní uspořádání zatížení. Zatížení nenavátým a navátým sněhem, ke kterému může dojít návějí sněhu u atiky. Tato zatížení jsou uvažována v souladu s [2].

3.4 Zatížení větrem

Bolatice spadají do II. větrové oblasti. Je uvažováno se zatížením na svislé stěny a se zatížením na plochou střechu. Tato zatížení jsou uvažována v souladu s [3].

4 Výpočet zatížení na objekt

4.1 Vlastní tíha a stálé zatížení

Je uvažováno se zatížením vlastní tíhou samotné konstrukce. Vlastní tíha konstrukcí je dopočítána pomocí programu Scia Engineer, popřípadě je dopočítána v samotném výpočtu prvku. Stálé zatížení je dáno skladbou podlah, střechy a skladbou svislých konstrukcí.

4.1.1 Vodorovné konstrukce

Tab. 4.1 - Skladba ploché střechy

Zatížení	Popis zatížení		Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]		
Mapeplan T M	1,5	1,5 [kg/m ²]	1,5/100	0,015
EPS 100	160	20	0,16 · 0,2	0,032
spádové klíny EPS 100	300	20	0,3 · 0,2	0,060
Glastek AL 40 MINERAL	4	4,27 [kg/m ²]	4,27/100	0,043
Dekprimer	-	0,3 [kg/m ²]	0,3/100	0,003
				0,153

Tab. 4.2 - Skladba podlahy (laminátová podlaha)

Zatížení	Popis zatížení		Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
	Tl. [mm]	ρ [kg/m ³]		
Laminátová podlaha	10	940	0,01 · 9,4	0,094
Mirelon	3	20	0,003 · 0,2	0,001
Dek separ	0,2	-	-	0,000
Anhydridový potěr	50	2100	0,05 · 21	1,050
Dekperimeter PVNR75	50	30	0,05 · 0,3	0,015
Rigifloor 400	30	15	0,03 · 0,15	0,005
				1,164

Tab. 4.3 - Skladba podlahy (keramická dlažba)

Zatížení	Popis zatížení		Výpočet zatížení	g _k [kN/m ²]
	Tl. [mm]	ρ [kg/m ³]		
Keramická dlažba	10	2200	0,01 · 22	0,220
Lepící tmel	6	1400	0,006 · 14	0,084
Dek separ	0,2	-	-	0,000
Anhydridový potěr	50	2100	0,05 · 21	1,050
Dekperimeter PVNR75	50	30	0,05 · 0,3	0,015
Rigifloor 400	30	15	0,03 · 0,15	0,005
				1,374

Tab. 4.4 - Skladba podlahy (koberec)

Zatížení	Popis zatížení		Výpočet zatížení	g _k [kN/m ²]
	Tl. [mm]	ρ [kg/m ³]		
Koberec	5	1,6 [kg/m ²]	1,6 / 100	0,016
Mirelon	3	20	0,003 · 0,2	0,001
Dek separ	0,2	-	-	0,000
Anhydridový potěr	50	2100	0,05 · 21	1,050
Dekperimeter PVNR75	50	30	0,05 · 0,3	0,015
Rigifloor 400	30	15	0,03 · 0,15	0,005
				1,086

Tab. 4.5 - Skladba podlahy (schodiště)

Zatížení	Popis zatížení		Výpočet zatížení	g _k [kN/m ²]
	Tl. [mm]	ρ [kg/m ³]		
Keramická dlažby	10	2200	0,01 · 22	0,220
Lepící tmel	6	1400	0,006 · 14	0,084
Vyrovnávací potěr	4	2100	0,004 · 21	0,084
				0,388

4.1.2 Svislé konstrukce

Tab. 4.6 - Skladba obvodových stěn

Zatížení	Popis zatížení		Výpočet zatížení	g _k [kN/m ²]
	Tl. [mm]	ρ [kg/m ³]		
Silikátová omítka	2	3 [kg/m ²]	3/100	0,030
Tepelně izolační omítka	10	900	0,01 · 9	0,090
Ytong 450	450	300	0,45 · 3	1,350
Tepelně izolační omítka	6	900	0,006 · 9	0,054
Vnitřní stěrka hlazená	2	1000	0,002 · 10	0,020
				1,544

Tab. 4.7 - Skladba vnitřních nosných stěn

Zatížení	Popis zatížení		Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]		
Vnitřní stěrka hlazená	2	1000	$0,002 \cdot 10$	0,020
Ytong 300	300	500	$0,3 \cdot 5$	1,500
Vnitřní stěrka hlazená	2	1000	$0,002 \cdot 10$	0,020
				1,540

Tab. 4.8 - Skladba vnitřních příček

Zatížení	Popis zatížení		Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]		
Vnitřní stěrka hlazená	2	1000	$0,002 \cdot 10$	0,020
Ytong 150	150	500	$0,15 \cdot 5$	0,750
Vnitřní stěrka hlazená	2	1000	$0,002 \cdot 10$	0,020
				0,790

4.2 Užité zatížení

V 1. a 2. NP se uvažuje užité zatížení kategorie A (stropní konstrukce). Užité zatížení na balkonovou desku je uvažováno kategorie A (balkony). Na střeše je uvažováno s užitným zatížením kategorie H (střechy), avšak není s ním počítáno, jelikož je rozhodující zatížení sněhem.

Tab. 4.9 - Užité zatížení [1]

Kategorie zatěžovaných ploch (typ konstrukce)	Stanovené použití	q_k [kN/m ²]
A (stropní konstrukce)	obytné plochy	1,5
A (balkóny)	obytné plochy	3,0
H (střechy)	střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav	0,75

4.3 Zatížení sněhem

Sněhová oblast

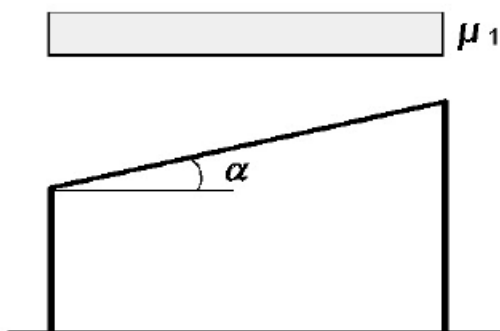
II.

Sklon

$$\alpha_1 = 3^\circ$$

Typ krajiny

otevřená



Obr. 4.1 - Tvarový součinitel zatížení sněhem – pultová střecha [2]

Tvarové součinitele sklonu střechy

$$\mu_1 = 0,8$$

Tab. 4.10 - Tvarové součinitele sklonu střechy [2]

Úhel sklonu střechy	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8\alpha / 30$	1,6	---

Součinitel typu krajiny

$$C_e = 1,0$$

Tab. 4.11 - Součinitel typu krajiny [2]

Typ krajiny	C_e
otevřená	0,8
normální	1,0
chráněná	1,2

Tepelný součinitel

$$C_t = 1,0$$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

$$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

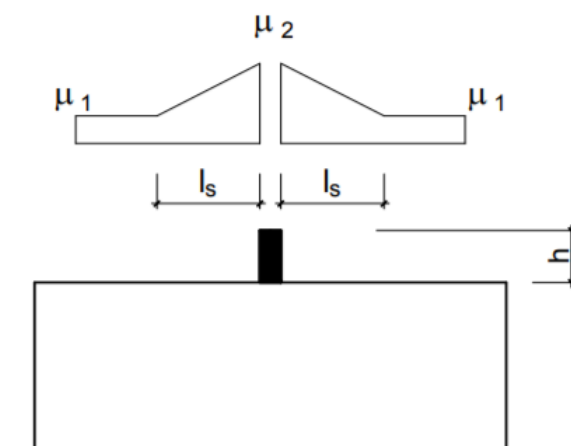
Zatížení sněhem na střechách

4.3.1 Nenavátý sníh

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (4.1)$$

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

4.3.2 Navátý sníh



Obr. 4.2 - Tvarové součinitele zatížení sněhem a délka návěje [2]

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = \frac{\gamma \cdot h}{s_k} = \frac{2 \cdot 0,5}{0,8} = 1,25 \quad (4.2)$$

$$l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ m} \quad (4.3)$$

$$s_1 = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

4.4 Zatížení větrem

Větrná oblast

II.

Základní rychlost větru

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Součinitel směru větru

$$c_{dir} = 1$$

Součinitel ročního období

$$c_{season} = 1$$

Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m/s} \quad (4.4)$$

Referenční výška

$$h = 6,75 \text{ m} \rightarrow z_e = 6,75 \text{ m}; z_i = 6,75 \text{ m (konzervativně)}$$

Kategorie terénu

III. – oblast pravidelně pokrytá vegetací, budovami nebo překážkami

Parametr drsnosti terénu

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

Minimální výška

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$z = z_e = z_i = 6,75 \text{ m} \geq z_{min} = 5 \text{ m} \rightarrow \text{Podmínka splněna}$$

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215 \quad (4.5)$$

Součinitel drsnosti

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,215 \cdot \ln \left(\frac{6,75}{0,3} \right) = 0,671 \quad (4.6)$$

Součinitel ortografie

$$c_0(z) = 1$$

Součinitel turbulence

$$k_I = 1$$

Hustota vzduchu

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Charakteristická střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,671 \cdot 1 \cdot 25 = 16,765 \text{ m/s} \quad (4.7)$$

Intenzita turbulence

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{6,75}{0,3}\right)} = 0,321 \quad (4.8)$$

Maximální charakteristický dynamický tlak

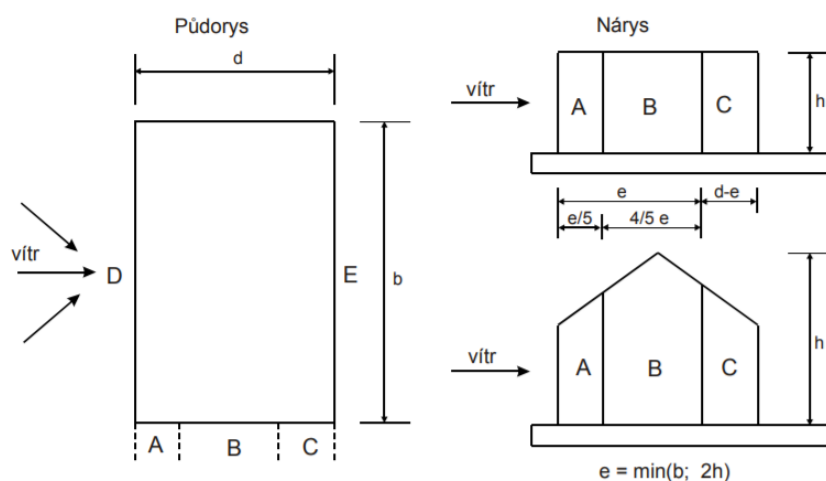
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 \quad (4.9)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,321] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 16,765^2 \cdot 10^{-3} = 0,571 \text{ kN/m}^2$$

Výsledný tlak na střešní konstrukci

$$w_k = q_p(z) \cdot (c_{pe} - c_{pi}) \quad (4.10)$$

4.4.1 Svislé stěny



Obr. 4.3 - Označení ploch u svislých stěn [3]

Tab. 4.12 - Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro svislé stěny [3]

Oblast	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	
mezilehlé hodnoty lze interpolovat										

Svislé stěny (podélný směr)

$$h = 6,75 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 8 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{6,75}{11,5} = 0,587$$

$$c_{pe,10}^A = -1,2$$

$$c_{pe,10}^B = -0,8$$

$$c_{pe,10}^C = -0,5$$

$$c_{pe,10}^D = 0,727$$

$$c_{pe,10}^E = -0,355$$

Svislé stěny (příčný směr)

$$h = 6,75 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 11,5 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{6,75}{11,5} = 0,844$$

$$c_{pe,10}^A = -1,2$$

$$c_{pe,10}^B = -0,8$$

$$c_{pe,10}^C = 0$$

$$c_{pe,10}^D = 0,773$$

$$c_{pe,10}^E = -0,447$$

Výsledné tlaky větru na svislé stěny

$$\text{Podélný vítr: } c_{pi,10} = +0,2$$

$$w_k^A = 0,571 \cdot (-1,2 - 0,2) = -0,799 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,571 \cdot (-0,8 - 0,2) = -0,571 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^C = 0,571 \cdot (-0,5 - 0,2) = -0,399 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,571 \cdot (0,727 - 0,2) = 0,301 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,571 \cdot (-0,355 - 0,2) = -0,317 \text{ kN/m}^2$$

Podélný vítr: $c_{pi,10} = -0,3$

$$w_k^A = 0,571 \cdot (-1,2 + 0,3) = -0,514 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,571 \cdot (-0,8 + 0,3) = -0,285 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^C = 0,571 \cdot (-0,5 + 0,3) = -0,114 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,571 \cdot (0,727 + 0,3) = 0,586 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,571 \cdot (-0,355 + 0,3) = -0,031 \text{ kN/m}^2$$

Příčný vítr: $c_{pi,10} = +0,2$

$$w_k^A = 0,571 \cdot (-1,2 - 0,2) = -0,799 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,571 \cdot (-0,8 - 0,2) = -0,571 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,571 \cdot (0,773 - 0,2) = 0,327 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,571 \cdot (-0,447 - 0,2) = -0,369 \text{ kN/m}^2$$

Příčný vítr: $c_{pi,10} = -0,3$

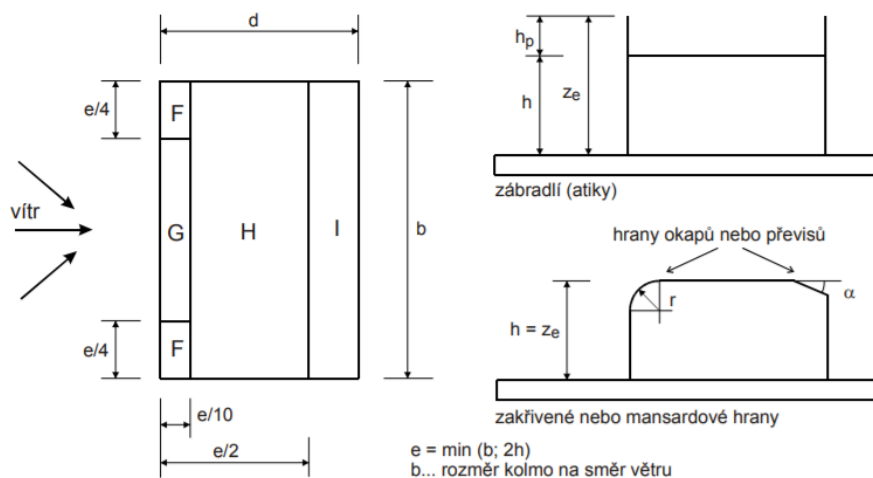
$$w_k^A = 0,571 \cdot (-1,2 + 0,3) = -0,514 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,571 \cdot (-0,8 + 0,3) = -0,285 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,571 \cdot (0,773 + 0,3) = 0,612 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,571 \cdot (-0,447 + 0,3) = -0,084 \text{ kN/m}^2$$

4.4.2 Plochá střecha



Obr. 4.4 – Označení ploch pro ploché střechy [3]

Tab. 4.13 - Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro ploché střechy s atikou [3]

Typ ploché střechy		Oblast							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Ostré hrany		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
se zábradlím (atikou)	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2

Plochá střecha (podélný směr)

$$h = 6,75 \text{ m}$$

$$h_p = 0,5 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 8 \text{ m}$$

$$\frac{h_p}{h} = \frac{0,5}{6,75} = 0,074$$

$$c_{pe,10}^F = -1,4$$

$$c_{pe,10}^G = -0,9$$

$$c_{pe,10}^H = -0,7$$

$$c_{pe,10}^{I+} = 0,2$$

$$c_{pe,10}^{I-} = -0,2$$

Plochá střecha (příčný směr)

$$h = 6,75 \text{ m}$$

$$h_p = 0,5 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 11,5 \text{ m}$$

$$\frac{h_p}{h} = \frac{0,5}{6,75} = 0,074$$

$$c_{pe,10}^F = -1,4$$

$$c_{pe,10}^G = -0,9$$

$$c_{pe,10}^H = -0,7$$

$$c_{pe,10}^{I+} = 0,2$$

$$c_{pe,10}^{I-} = -0,2$$

Výsledné tlaky větru na plochu střechu

Podélný i příčný směr: $c_{pi,10} = +0,2$

$$w_k^F = 0,571 \cdot (-1,4 - 0,2) = -0,913 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^G = 0,571 \cdot (-0,9 - 0,2) = -0,628 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^H = 0,571 \cdot (-0,7 - 0,2) = -0,514 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I+} = 0,571 \cdot (0,2 - 0,2) = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I-} = 0,571 \cdot (-2 - 0,2) = -0,229 \text{ kN/m}^2$$

Podélný i příčný směr: $c_{pi,10} = -0,3$

$$w_k^F = 0,571 \cdot (-1,4 + 0,3) = -0,628 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^G = 0,571 \cdot (-0,9 + 0,3) = -0,342 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^H = 0,571 \cdot (-0,7 + 0,3) = -0,228 \text{ kN/m}^2$$

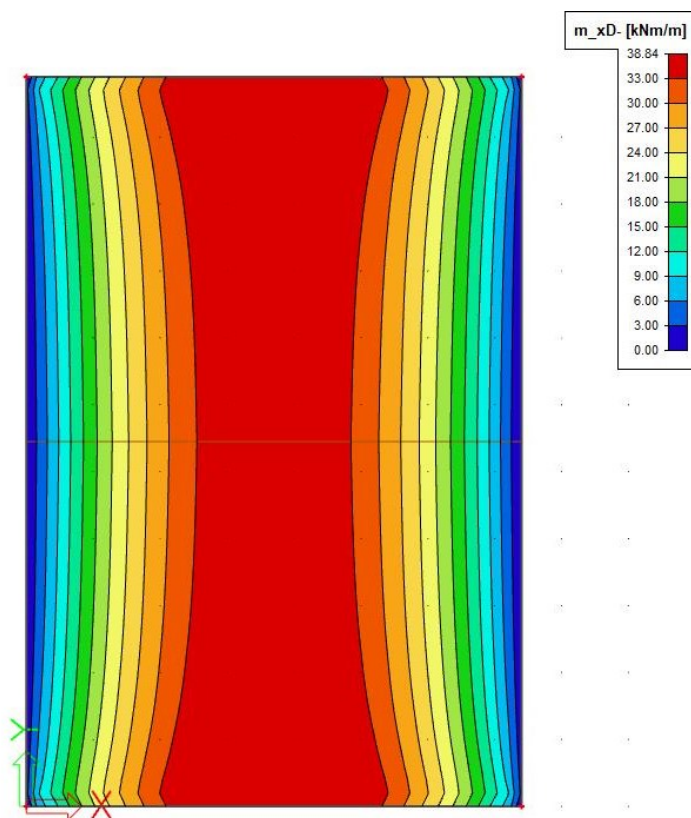
$$w_k^{I+} = 0,571 \cdot (0,2 + 0,3) = 0,285 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I-} = 0,571 \cdot (-2 + 0,3) = 0,057 \text{ kN/m}^2$$

5 Návrh prvků

5.1 Střecha

Nosná část střešního pláště bude tvořena z dutinových předpjatých dílců Spiroll. Dílce Spiroll byly použity z důvodu velkého rozpětí mezi jednotlivými nosnými stěnami $L = 7500 \text{ mm}$. Jsou to deskové betonové prvky vyztužené podélnými předpjatými lany. Dílce jsou prostě uloženy na železobetonovém věnci. Uložené v kratším směru rozpětí. Délka uložení stropních dílců je 125 mm na věnci, celková délka uložení na obvodové stěně je 200 mm. Dílce budou uloženy do MC 10, tloušťky 10 mm. Malta bude nanесena pouze na železobetonový věnec, ne na tvarovku Ytong. Deska byla vymodelovaná v programu SCIA Engineer jako 2D prvek viz Obr. 5.1.



Obr. 5.1 – Hodnoty návrhových momentů m_x

5.1.1 Zatížení

Na střeše je uvažováno stálé zatížení, zatížení sněhem, větrem a přetížení atikou.

5.1.2 Navržený průřez

Vzhledem k vypočítaným vnitřním silám byly navrženy panely PPD 207 (lana – dole: 7x9,3 + nahoře: 0), délky 7,5 m.

5.1.3 Posouzení

Navržené stropní dílce byly posouzeny podle tabulkových hodnot udávaných výrobcem. Pro panel PPD 207 délky 7,5m $m_{rd} = 63,67 \text{ kNm/m'}$, $v_{rd} = 67,7 \text{ kN/m'}$. Vypočítané vnitřní síly jsou $m_{ed} = 38,86 \text{ kNm/m'}$, $v_{ed} = 19,7 \text{ kN/m'}$.

Navržený průřez vyhoví

5.2 Železobetonový věnec 2.NP

Železobetonový věnec ve 2.NP přenáší svislé účinky střešního pláště do obvodových stěn a zároveň slouží jako nadokenní předklad. Věnec bude vybetonován do systémových tvarovek Ytong U 375, které budou sloužit jako ztracené bednění. Z vnější strany bude věnec doplněn polystyrenovými deskami EPS 100 tloušťky 75 mm.

5.2.1 Zatížení

Na věnec působí zatížení od vlastní tíhy, tíhy atiky a reakce od uložení předepjatých dílců Spiroll.

Vlastní tíha věnce

Rozměry: $b = 225 \text{ mm}$; $h = 175 \text{ mm}$

Objemová hmotnost: $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

Zatížení $g_k = 0,225 \cdot 0,175 \cdot 25 = 1,0 \text{ kN/m}$

Tíha dobetonávky

Rozměry: $b = 100 \text{ mm}$; $h = 200 \text{ mm}$

Objemová hmotnost: $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

Zatížení $g_k = 0,1 \cdot 0,2 \cdot 25 = 0,5 \text{ kN/m}$

Tíha atiky

Rozměry: $b = 300 \text{ mm}$; $h = 500 \text{ mm}$

Objemová hmotnost: $\rho = 400 \text{ kg/m}^3$

Zatížení $g_k = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 4 = 0,6 \text{ kN/m}$

Ztracené bednění Ytong U 375

Objemová hmotnost: $\rho = 40 \text{ kg/m}$

Zatížení $g_k = 0,4 \text{ kN/m}$

Reakce od desky

Z programu Scia Engineer byla vybrána maximální reakce ze všech kombinací zatížení, které jsou na desce uvažovány.

$R_z = 19,79 \text{ kN/m}$

Celkové spojité zatížení

$$g_d = \sum g_k \cdot \gamma_d + R_z = (1 + 0,5 + 0,6 + 0,4) \cdot 1,35 + 19,79 = 23,17 \text{ kN/m}$$

5.2.2 Výpočet vnitřních sil

Pro návrh výztuže bylo vybráno místo nad největším otvorem v místě uložení stropních desek. Velikost otvoru $L = 2 \text{ m}$. Jelikož se jedná o spojitý prvek, který pokračuje i za místem podpory. Budou vnitřní síly spočítány na oboustranně vetknutém nosníku. Pro posouzení nosníku na ohyb byl vybrán záporný moment ve vetknutí. Horní i dolní výztuž trámu byla navržena stejná. Hlavní nosná výztuž byla navržena $3 \times \emptyset 12$, třmínky byly navrženy $\emptyset 6$ á 150 mm .

Kladný moment uprostřed nosníku

$$M_{Ed}^+ = \frac{1}{24} \cdot g_d \cdot L^2 = \frac{1}{24} \cdot 23,17 \cdot 2^2 = 3,86 \text{ kNm} \quad (5.1)$$

Záporný moment v místě vetknutí

$$M_{Ed}^- = -\frac{1}{12} \cdot g_d \cdot L^2 = -\frac{1}{12} \cdot 23,17 \cdot 2^2 = -7,72 \text{ kNm} \quad (5.2)$$

Posouvající síla

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot g_d \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 23,17 \cdot 2 = 23,17 \text{ kN} \quad (5.3)$$

5.2.3 Materiál

Beton C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa} \quad (5.4)$$

Ocel B500

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa} \quad (5.5)$$

5.2.4 Krytí výztuže

Průvlak se nachází ve stupni vlivu prostředí XC1, což platí pro beton s nízkou vlhkostí vzduchu. Konstrukční třída je zvolena S4 – objekty o návrhové životnosti 50 let.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (5.6)$$

$$c_{min} = \max \left\{ \begin{array}{c} c_{min,b} \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10mm \end{array} \right\} \quad (5.7)$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

Krytí třmínků

Profil třmínků $\emptyset s_w = 6 \text{ mm}$

$$c_{min,b} = 6 \text{ mm}$$

$$\text{dle (5.7) } c_{min,sw} = \max \left\{ \begin{array}{c} 8 \text{ mm} \\ 15 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{array} \right\} = 15 \text{ mm}$$

Krytí nosné výztuže

Profil hlavní nosné výztuže $\emptyset = 12 \text{ mm}$

$$c_{min,b} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{dle (5.7) } c_{min,1} = \max \left\{ \begin{array}{c} 12 \text{ mm} \\ 15 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{array} \right\} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{min,2} = c_{min,sw} + \emptyset s_w = 15 + 6 = 21 \text{ mm}$$

$$\text{dle (5.6) } c_{nom} = 21 + 9 = 30 \text{ mm}$$

5.2.5 Dimenzování na ohyb

Navržená výztuž $3 \times \emptyset 12$

$$A_s = n \cdot \frac{\pi \cdot \emptyset}{4} = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 0,012}{4} = 339 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (5.8)$$

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 339 \cdot 10^{-6} \cdot 434,78 \cdot 10^3 = 147,52 \text{ kN} \quad (5.9)$$

$$x = \frac{F_s}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{147,52}{0,8 \cdot 0,225 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 10^3} = 0,041 \text{ m} \quad (5.10)$$

$$d = h - c - \frac{\emptyset}{2} = 175 - 30 - \frac{12}{2} = 139 \text{ mm} = 0,139 \text{ m} \quad (5.11)$$

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= F_s \cdot (d - 0,4x) = \\ &= 147,52 \cdot (0,139 - 0,4 \cdot 0,041) = 18,09 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (5.12)$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$18,09 \text{ kNm} > 7,72 \text{ kNm}$$

Navržená výztuž vyhoví

Konstrukční zásady

Světlá vzdálenost hlavní nosné výztuže

$$\begin{aligned} S_{min} &= \max\{k_1 \cdot \emptyset; d_g + k_2; 20 \text{ mm}\} = \\ &= \max\{12; 16 + 5; 20\} = 21 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.13)$$

$$\begin{aligned} S_{sv} &= \frac{b_w - 2 \cdot c_{nom} - n \cdot \emptyset}{n - 1} = \\ &= \frac{225 - 2 \cdot 30 - 3 \cdot 12}{3 - 1} = 64,5 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.14)$$

$$S_{min} \leq S_{sv}$$

$$21 \text{ mm} < 64,5 \text{ mm}$$

Podmínka vyhoví

Omezení množství hlavní tahové výztuže

$$A_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \right. \\ \left. 0,0013 \cdot b \cdot d \right\} \quad (5.15)$$

$$A_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 0,225 \cdot 0,139 = 47,16 \cdot 10^{-6} m^2 \right. \\ \left. 0,0013 \cdot 0,225 \cdot 0,139 = 40,66 \cdot 10^{-6} m^2 \right\}$$

$$A_{s,min} \leq A_s$$

$$47,16 \cdot 10^{-6} m^2 < 142 \cdot 10^{-6} m^2$$

Podmínka vyhoví

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,175 \cdot 0,225 \\ = 1575 \cdot 10^{-6} m^2 \quad (5.16)$$

$$A_s \leq A_{s,max}$$

$$142 \cdot 10^{-6} m^2 < 1575 \cdot 10^{-6} m^2$$

Podmínka vyhoví

Omezení výšky tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0,041}{0,139} = 0,295 \leq \xi_{bal} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = 0,617 \quad (5.17)$$

Podmínka vyhoví

5.2.6 Únosnost ve smyku

Navrženy třmínky Ø6 á 150 mm.

Návrhová únosnost prvku ve smyku bez smykové výztuže

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \quad (5.18)$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 Mpa \quad (5.19)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{139}} = 2,2 > 2 \rightarrow k = 2 \quad (5.20)$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{339 \cdot 10^{-6}}{0,225 \cdot 0,139} = 0,011 < 0,02 \rightarrow \quad (5.21)$$

$$\rho_l = 0,011$$

$$k_1 \cdot \sigma_{cp} = 0 \quad (5.22)$$

$$\text{dle (5.18)} V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,011 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0 \right] \cdot 0,225 \cdot 0,139 \cdot 10^{-3} = 29,96 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq V_{Ed}$$

$$29,96 \text{ kN} > 23,17 \text{ kN}$$

Podmínka vyhoví

Návrhová únosnost prvku ve smyku se smykovou výztuží

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot \frac{1}{s_l} \cdot z \cdot f_{y,wd} \cdot \cot \phi \quad (5.23)$$

$$A_{sw} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\emptyset^2}{4} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{0,006^2}{4} = 84,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (5.24)$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,139 = 0,125 \text{ m} \quad (5.25)$$

$$\text{dle (5.23)} V_{Rd,s} = 84,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{0,15} \cdot 0,125 \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot \cot 45^\circ = 30,76 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed}$$

$$30,76 \text{ kN} > 23,17 \text{ kN}$$

Podmínka vyhoví

Maximální únosnost prvku ve smyku

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{\cot \phi + \tan \phi} \quad (5.26)$$

$$f_{ck} < 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0,6; \alpha_{cw} = 1$$

$$\text{dle (5.26)} V_{Rd,max} = 1 \cdot 0,225 \cdot 0,125 \cdot 0,6 \cdot \frac{20 \cdot 10^3}{\cot 45^\circ + \tan 45^\circ} = 168,89 \text{ kN}$$

Konstrukční zásady

Minimální plocha smykové výztuže, minimální stupeň vyztužení

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_l \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{84,8 \cdot 10^{-6}}{0,15 \cdot 0,225 \cdot \sin 90^\circ} = 0,0025 \quad (5.27)$$

$$\rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} = 0,0009 \quad (5.28)$$

$$\rho_{sw} \geq \rho_{sw,min}$$

$$0,0025 > 0,0009$$

Podmínka vyhoví

Maximální vzdálenost mezi větvemi třmínků

$$s_{t,max} = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,139 = 0,104 \text{ m} \quad (5.29)$$

$$s_t = \frac{b_w - 2 \cdot \left(c_{nom} - \frac{\phi_{sw}}{2} \right)}{(n - 1)} = \frac{0,225 - 2 \cdot \left(0,03 - \frac{0,006}{2} \right)}{(3 - 1)} \quad (5.30)$$

$$s_t = 0,086 \text{ m}$$

$$s_{t,max} \geq s_t$$

$$0,104 \text{ m} > 0,086 \text{ m}$$

Podmínka vyhoví

Maximální vzdálenost mezi třmínky

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d(1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 0,139 \cdot (1 + \cot 90^\circ) \quad (5.31)$$

$$s_{l,max} = 0,209 \text{ m}$$

$$s_{l,max} \geq s_l$$

$$0,209 \text{ m} > 0,15 \text{ m}$$

Podmínka vyhoví

5.2.7 Omezení průhybu

$$\left(\frac{l}{d}\right) = \left(\frac{2000}{139}\right) = 14,4 \quad (5.32)$$

$$\left(\frac{l}{d}\right)_{max} = k \left[11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1\right)^{\frac{3}{2}} \right] \quad (5.33)$$

$$\rho_0 = 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 10^{-3} \cdot \sqrt{30} = 0,00548 \quad (5.34)$$

$$\rho = \frac{A_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{0,000142}{0,225 \cdot 0,139} = 0,00454 \quad (5.35)$$

dle vzorce (5.33)

$$\left(\frac{l}{d}\right)_{max} = 1,5 \left[11 + 1,5 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{0,00548}{0,00454} + 3,2 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{0,00548}{0,00454} - 1\right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

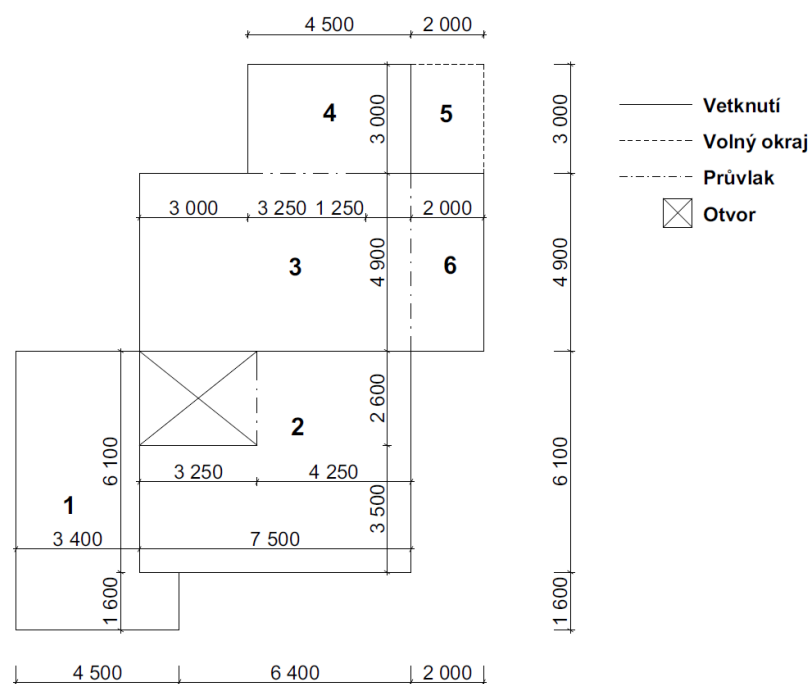
$$\left(\frac{l}{d}\right)_{max} = 33,83$$

$$\left(\frac{l}{d}\right)_{max} \geq \left(\frac{l}{d}\right)$$

Podmínka vyhoví

5.3 Železobetonová monolitická deska nad 1.NP

Nosnou část stropní konstrukce nad 1.NP tvoří monolitická železobetonová deska tloušťky 150 mm. Deska je monoliticky spojena po obvodu s železobetonovým věncem. Mezi deskami 3 a 4 a deskami 3 a 6 (viz Obr. 5.2) se nachází železobetonový průvlak, který je spojen průběžně s věncem. Deska bude vyztužena kari sítěmi. Výpočet vnitřních sil byl proveden v programu SCIA Engineer. Pro výpočet se uvažuje deska vetknutá po obvodě. Deska je zatížena vlastní tíhou, stálým zatížením, užitným zatížením a zároveň deska nad garáží a balkonová deska jsou zatíženy sněhem.



Obr. 5.2 – Schéma rozmístění desek

5.3.1 Materiál

Beton C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa} \quad (5.36)$$

Ocel B500

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa} \quad (5.37)$$

5.3.2 Krytí výztuže

Deska se nachází ve stupni vlivu prostředí XC1, což platí pro beton s nízkou vlhkostí vzduchu. Konstrukční třída je zvolena S4 – objekty o návrhové životnosti 50 let.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (5.38)$$

$$c_{min} = \max \left\{ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \frac{c_{min,b}}{10mm} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \right\} \quad (5.39)$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

Krytí nosné výztuže

Profil hlavní nosné výztuže $\emptyset = 10 \text{ mm}$

$$c_{min,b} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{dle (5.7) } c_{min} = \max \left\{ \begin{matrix} 10 \text{ mm} \\ 15 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{matrix} \right\} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{dle (5.6) } c_{nom} = 15 + 10 = 25 \text{ mm}$$

5.3.3 Návrh a posouzení výztuže

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (5.40)$$

$$F_s = a_s \cdot f_{yd} \quad (5.41)$$

$$x = \frac{F_s}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} \quad (5.42)$$

$$d_1 = h - c - \frac{\emptyset}{2} \quad (5.43)$$

$$d_2 = h - c - \emptyset - \frac{\emptyset}{2} \quad (5.44)$$

$$m_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4x) \quad (5.45)$$

Konstrukční zásady

Světlá vzdálenost hlavní nosné výztuže

$$\begin{aligned} S_{min} &= \max\{k_1 \cdot \emptyset; d_g + k_2; 20 \text{ mm}\} = \\ &= \max\{12; 16 + 5; 20\} = 21 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.46)$$

Omezení množství hlavní tahové výztuže

$$A_{s,min,1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0,0013 \cdot b \cdot d \end{array} \right\} \quad (5.47)$$

$$A_{s,min,2} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ctm} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} \quad (5.48)$$

$$A_{s,min} \leq A_s$$

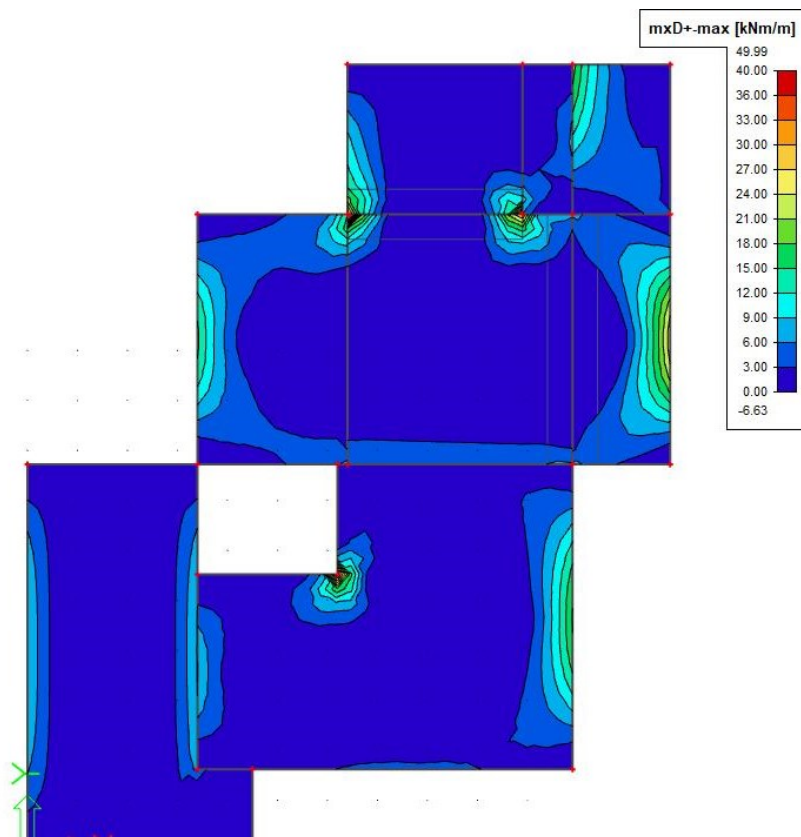
$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c \quad (5.49)$$

$$A_s \leq A_{s,max}$$

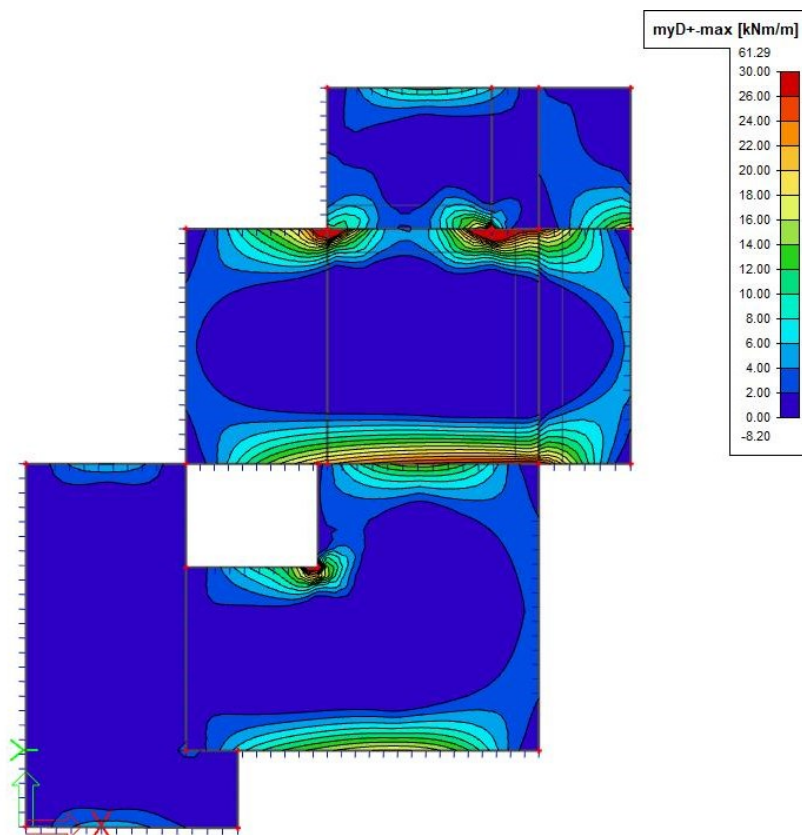
Omezení výšky tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{bal} = \frac{700}{700 + f_{yd}} \quad (5.50)$$

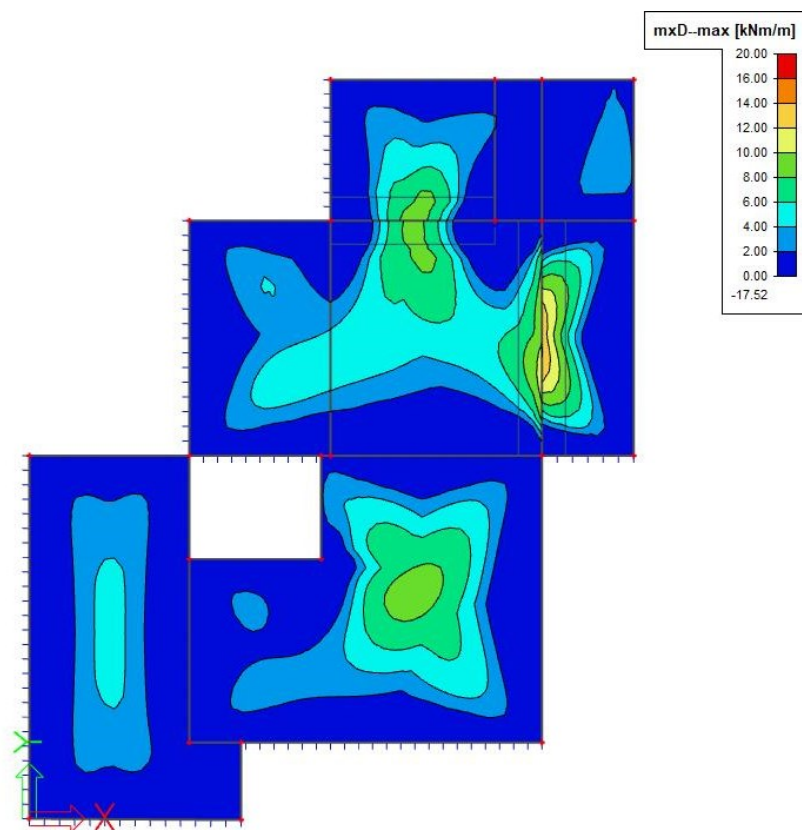
V následujících obrázcích (Obr. 5.3 až Obr. 5.6) jsou vyobrazeny hodnoty návrhových vnitřních sil. U desek konkrétně návrhových momentů ve směru osy x a y. Návrhové momenty m_x^+ a m_y^+ jsou momenty u horního okraje desky. Momenty m_x^- a m_y^- jsou momenty u dolního okraje desky. Návrhové momenty jsou momenty, ve kterých jsou již zohledněny hodnoty kroutících momentů m_{xy} .



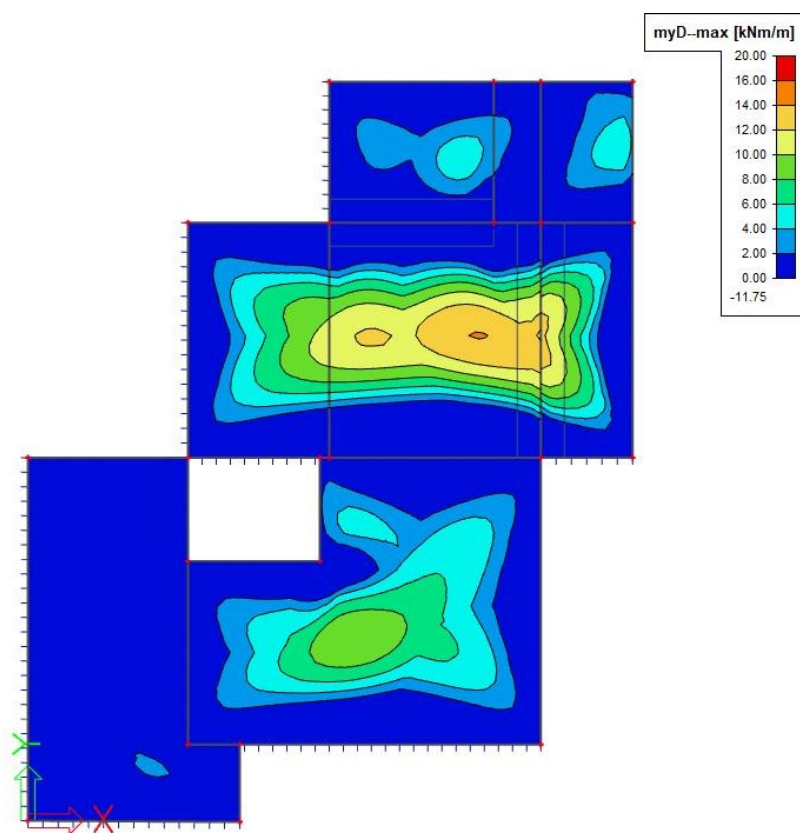
Obr. 5.3 - m_x^+ = návrhový moment u horního okraje ve směru osy x



Obr. 5.4 - m_y^+ = návrhový moment u horního okraje ve směru osy y



Obr. 5.5 - $m_{\bar{x}}$ = návrhový moment u dolního okraje ve směru osy x



Obr. 5.6 - $m_{\bar{y}}$ = návrhový moment u dolního okraje ve směru osy y

Dle vzorců (5.40) až (5.50), byl proveden návrh a posouzení výztuže. Výpočet můžeme vidět v následujících tabulkách Tab. 5.1 a Tab. 5.2.

Tab. 5.1 - Návrh výztuže desky

Pole	Moment	Návrh								
		m_{Ed}	d	z	$a_{s,req}$	$a_{s,min,1}$	$a_{s,min,2}$	$a_{s,max}$	Výztuž	a_s
		[kNm/m']	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]		[mm ²]
1	m_x^+	-9,21	110	99	213,97	143	174	6000	φ8/150	335,1
	m_y^+	-6,08	120	108	129,48	156	174	6000	φ8/150	335,1
	m_x^-	4,46	110	99	103,62	143	174	6000	φ6/150	188,5
	m_y^-	1,57	120	108	33,44	156	174	6000	φ6/150	188,5
2	m_x^+	-16,67	120	108	355,01	156	174	6000	φ10/100	785,4
	m_y^+	-17,64	110	99	409,82	143	174	6000	φ10/100	785,4
	m_x^-	8,31	110	99	193,06	143	174	6000	φ8/150	335,1
	m_y^-	9,66	120	108	205,72	156	174	6000	φ8/150	335,1
3	m_x^+	-15,58	120	108	331,80	156	174	6000	φ10/100	785,4
	m_y^+	-30,05	110	99	698,14	143	174	6000	φ10/100	785,4
	m_x^-	13,63	110	99	316,66	143	174	6000	φ8/150	335,1
	m_y^-	13,96	120	108	297,30	156	174	6000	φ8/150	335,1
4	m_x^+	-9,87	120	108	210,20	156	174	6000	φ10/100	785,4
	m_y^+	-10,71	110	99	248,82	143	174	6000	φ10/100	785,4
	m_x^-	4,61	120	108	98,18	156	174	6000	φ6/150	188,5
	m_y^-	4,95	110	99	115,00	143	174	6000	φ6/150	188,5
5	m_x^+	-18,68	110	99	433,98	143	174	6000	φ10/100	785,4
	m_y^+	-17,51	120	108	372,90	156	174	6000	φ10/100	785,4
	m_x^-	3,42	120	108	72,83	156	174	6000	φ6/150	188,5
	m_y^-	4,99	110	99	115,93	143	174	6000	φ6/150	188,5
6	m_x^+	-25,63	110	99	595,45	143	174	6000	φ10/100	785,4
	m_y^+	-11,36	120	108	241,93	156	174	6000	φ10/100	785,4
	m_x^-	13,63	110	99	316,66	143	174	6000	φ8/150	335,1
	m_y^-	7,17	120	108	152,70	156	174	6000	φ8/150	335,1

Tab. 5.2 - Posouzení výztuže desky

Pole	Moment	Posouzení					
		m_{Ed}	x	ξ	m_{Rd}	$m_{Rd} > m_{Ed}$	%
		[kNm/m']	[mm]		[kNm/m']		
1	m_x^+	-9,21	9,11	0,08	15,50	Vyhoví	59,44
	m_y^+	-6,08	9,11	0,08	16,95	Vyhoví	35,86
	m_x^-	4,46	5,12	0,05	8,85	Vyhoví	50,41
	m_y^-	1,57	5,12	0,04	9,67	Vyhoví	16,24
2	m_x^+	-16,67	21,34	0,18	38,06	Vyhoví	43,80
	m_y^+	-17,64	21,34	0,19	34,65	Vyhoví	50,91
	m_x^-	8,31	9,11	0,08	15,50	Vyhoví	53,63
	m_y^-	9,66	9,11	0,08	16,95	Vyhoví	56,98
3	m_x^+	-15,58	21,34	0,18	38,06	Vyhoví	40,93
	m_y^+	-30,05	21,34	0,19	34,65	Vyhoví	86,73
	m_x^-	13,63	9,11	0,08	15,50	Vyhoví	87,96
	m_y^-	13,96	9,11	0,08	16,95	Vyhoví	82,35
4	m_x^+	-9,87	21,34	0,18	38,06	Vyhoví	25,93
	m_y^+	-10,71	21,34	0,19	34,65	Vyhoví	30,91
	m_x^-	4,61	5,12	0,04	9,67	Vyhoví	47,69
	m_y^-	4,95	5,12	0,05	8,85	Vyhoví	55,95
5	m_x^+	-18,68	21,34	0,19	34,65	Vyhoví	53,91
	m_y^+	-17,51	21,34	0,18	38,06	Vyhoví	46,00
	m_x^-	3,42	5,12	0,04	9,67	Vyhoví	35,38
	m_y^-	4,99	5,12	0,05	8,85	Vyhoví	56,40
6	m_x^+	-25,63	21,34	0,19	34,65	Vyhoví	73,97
	m_y^+	-11,36	21,34	0,18	38,06	Vyhoví	29,85
	m_x^-	13,63	9,11	0,08	15,50	Vyhoví	87,96
	m_y^-	7,17	9,11	0,08	16,95	Vyhoví	42,29

V následující tabulce Tab. 5.3 dle vzorců (5.32) až (5.35) byl spočítán mezní poměr rozpětí k účinné výšce. U balkonové desky (deska č. 5) podmínka nevyhoví, z tohoto důvodu by bylo nutno navrhnout jiné řešení této desky. Jedno z možných řešení je zvětšení tloušťky desky, avšak se zvětšující se tloušťkou desky, by se zvětšovala i její tíha. Dalším možným řešením je lokální podepření desky sloupkem.

Tab. 5.3 – Omezení průhybu

Deska	Omezení poměru rozpětí k účinné výšce				
	$\left(\frac{l}{d}\right)$	ρ_0	ρ	$\left(\frac{l}{d}\right)_{max}$	$\left(\frac{l}{d}\right) \geq \left(\frac{l}{d}\right)_{max}$
1	64,17	0,0055	0,0016	162,57	vyhoví
2	62,5	0,0055	0,0028	65,46	vyhoví
3	62,5	0,0055	0,0028	65,46	vyhoví
4	37,5	0,0055	0,0028	65,46	vyhoví
5	25	0,0055	0,0065	8,19	nevyhoví
6	40,83	0,0055	0,0028	65,46	vyhoví

Kotevní délka

Základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$l_{b,rqd,\emptyset 10} = \frac{10}{4} \cdot \frac{434,78}{3} = 362,31 \text{ mm} \quad (5.51)$$

$$l_{b,rqd,\emptyset 8} = \frac{8}{4} \cdot \frac{434,78}{3} = 289,85 \text{ mm}$$

$$l_{b,rqd,\emptyset 6} = \frac{6}{4} \cdot \frac{434,78}{3} = 217,39 \text{ mm}$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1,5} = 1,33 \text{ MPa} \quad (5.52)$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,33 = 3,0 \text{ MPa} \quad (5.53)$$

Kotevní délka

$$l_b = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}$$

$$l_{b,\emptyset 10} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 362,31 = 253,61 \text{ mm} \quad (5.54)$$

$$l_{b,\emptyset 8} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 289,85 = 202,90 \text{ mm}$$

$$l_{b,\emptyset 6} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 217,39 = 152,17 \text{ mm}$$

Návrh:

$$l_{bd,\emptyset 10} = 270 \text{ mm}$$

$$l_{bd,\emptyset 8} = 220 \text{ mm}$$

$$l_{bd,\emptyset 6} = 170 \text{ mm}$$

Minimální hodnota kotevní délky

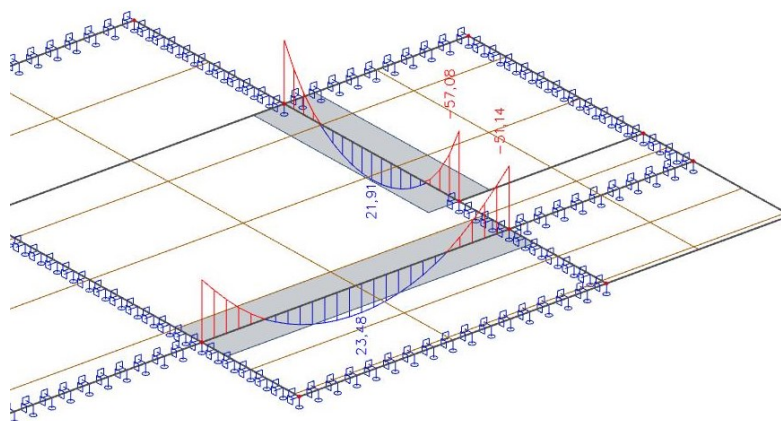
$$l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b,rqd} = 0,3 \cdot 362,31 = 108,69 \text{ mm} \\ 10 \cdot \varnothing = 10 \cdot 10 = 100 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} \quad (5.55)$$

$$l_{b,min} \leq l_{bd}$$

Podmínka vyhoví

5.4 Železobetonové průvlaky nad 1. NP

Železobetonové průvlaky byly vymodelovány společně se stropní deskou v programu SCIA Engineer. Oba průvlaky mají stejný průřez. Výška $h = 400 \text{ mm}$, šířka $b = 300 \text{ mm}$. Výpočet hlavní nosné výztuže a smykové výztuže byl proveden podle vzorců (5.6) až (5.35) v tabulkách Tab. 5.4, Tab. 5.5, Tab. 5.6, Tab. 5.7 a Tab. 5.8. Krytí výztuže $c = 30 \text{ mm}$. Průvlak A se nachází mezi deskami 3 a 4, průvlak B se nachází mezi deskami 3 a 6 (viz Obr. 5.2). Rozpětí průvlaku A $L_A = 2500 \text{ mm}$, rozpětí průvlaku B $L_B = 5000 \text{ mm}$. Nosná výztuž byla navržena $3 \times \varnothing 16 \text{ mm}$. Třmínky dvoj střižné $\varnothing 8$ á 100 mm .



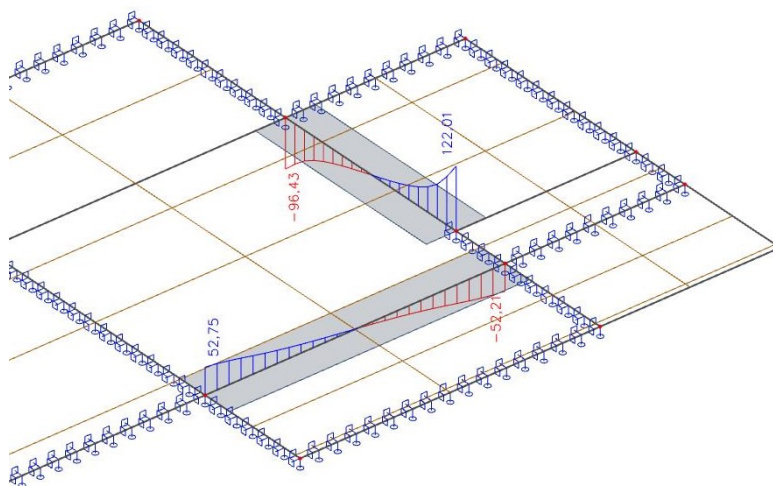
Obr. 5.7 - Vnitřní síly ohybové momenty

Tab. 5.4 - Návrh hlavní nosné výztuže

Průvlak	Moment	Návrh hlavní nosné výztuže								
		M_{Ed}	l	d	z	$A_{s,req}$	$A_{s,min}$	$A_{s,max}$	Výztuž	A_s
		[kNm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]		[mm ²]
A	M_y^+	-57,08	3500,00	362	325,8	402,96	141,18	4800	3x ϕ 16	603,19
	M_y^-	21,29	3500,00	362	325,8	150,30	141,18	4800	3x ϕ 16	603,19
B	M_y^+	-51,14	5000,00	362	325,8	361,03	141,18	4800	3x ϕ 16	603,19
	M_y^+	23,48	5000,00	362	325,8	165,76	141,18	4800	3x ϕ 16	603,19

Tab. 5.5 - Posouzení hlavní nosné výztuže

Průvlak	Moment	Posouzení hlavní nosné výztuže								
		M_{Ed}	F_s	x	ξ	ξ_{bal}	M_{Rd}	$M_{Rd} > M_{Ed}$		
		[kNm]	[kN]	[mm]	[-]	[-]	[kNm]			
A	M_y^+	-57,50	262,25	54,64	0,15	0,62	89,20	vyhoví	64,46	
	M_y^-	21,29	262,25	54,64	0,15	0,62	89,20	vyhoví	23,87	
B	M_y^+	-51,14	262,25	54,64	0,15	0,62	89,20	vyhoví	57,33	
	M_y^+	23,48	262,25	54,64	0,15	0,62	89,20	vyhoví	26,32	



Obr. 5.8 - Vnitřní síly posouvající síly

Tab. 5.6 - Posouzení smykové výztuže průvlaku

Průvlak	Posouzení smykové výztuže					
	V_{Ed}	Profil	A_{sw}	$V_{Rd,s}$	$V_{Rd,max}$	$V_{Rd} > V_{Ed}$
	[kN]		[mm ²]	[kN]	[kN]	
A	122,00	$\phi 8$ á 100	100,53	142,4	586,44	vyhoví
B	52,00	$\phi 8$ á 100	100,53	142,4	586,44	vyhoví

Tab. 5.7 - Kontrola vyztužení smykovou výztuží

Průvlak	Kontrola vyztužení smykovou výztuží						
	Profil	ρ_{sw}	$\rho_{sw,min}$	S_t	$S_{t,max}$	S_l	$S_{l,max}$
		[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
A	φ8 á 100	0,0034	0,00088	248	271,50	100	543
B	φ8 á 100	0,0034	0,00088	248	271,50	100	543

Tab. 5.8 - Omezení průhybu

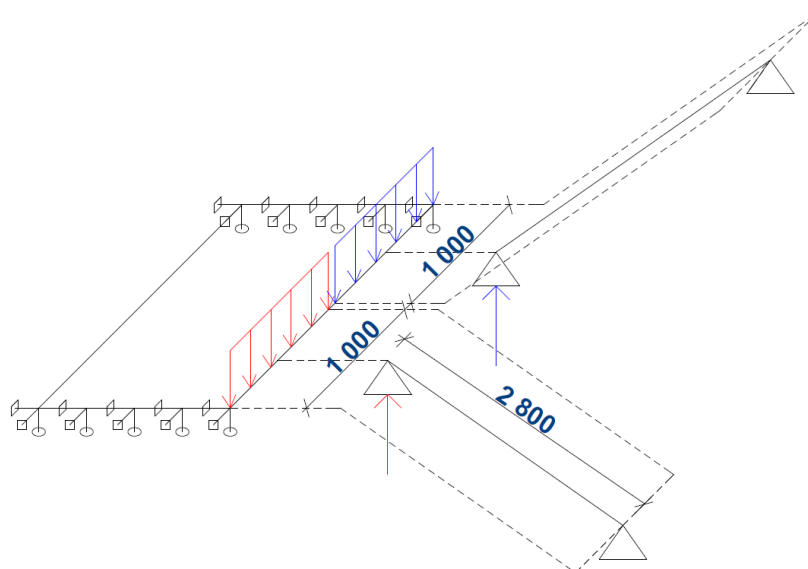
Průvlak	Omezení poměru rozpětí k účinné výšce				
	$\frac{l}{d}$	ρ_0	ρ	$\frac{l}{d_{max}}$	$\frac{l}{d} < \frac{l}{d_{max}}$
A	9,6685	0,0055	0,0037	43,329	vyhoví
B	13,812	0,0055	0,0033	50,506	vyhoví

5.5 Schodiště

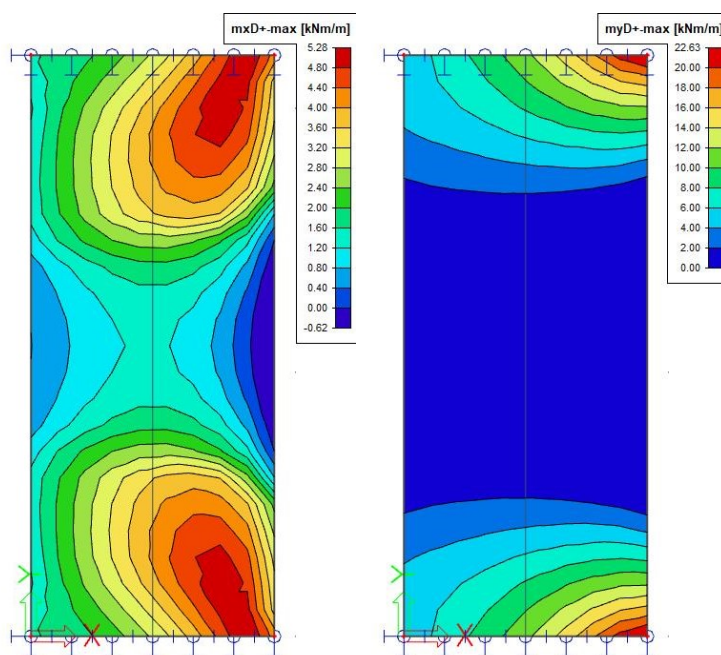
V rodinném domě bylo navrženo monolitické železobetonové schodiště. Sklon schodišťového ramene 35°. Konstrukční výška 1. NP je 3300 mm. V každém rameni bylo navrženo 9 stupňů délky 260 mm a výšky 183 mm. Šířka schodišťového ramene $b = 1000$ mm. Tloušťka schodišťové desky $h = 100$ mm. Šířka podesty $b = 920$ mm.

5.5.1 Výztuž podesty

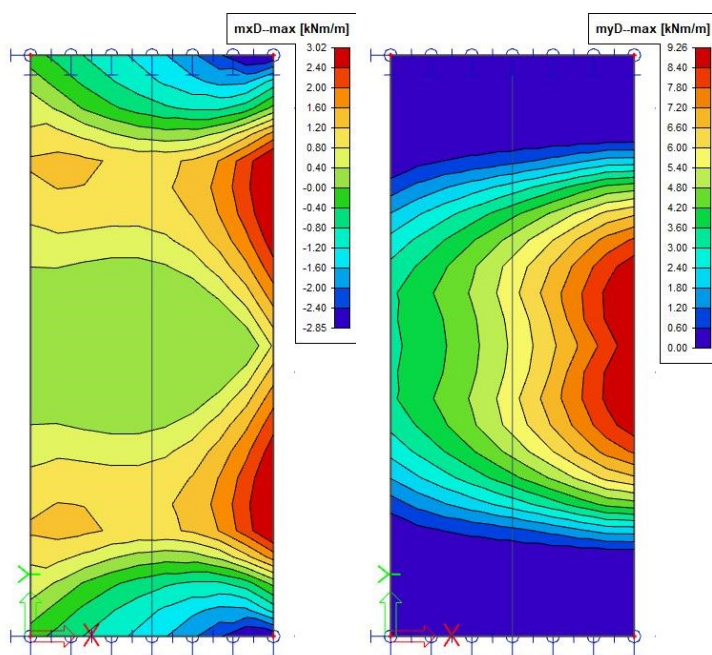
Výztuž podesty byla navržena podle vzorců (5.38) až (5.50). Výpočet byl proveden v následujících tabulkách Tab. 5.9 a Tab. 5.10. Vnitřní síly byly vypočítány pomocí programu SCIA Engineer. Bylo uvažováno zatížení vlastní tíhou, užitným zatížením a zatížení schodišťovými rameny na okraji desky (viz Obr. 5.9). Vzhledem k uložení schodišťových ramen na okraji desky, byl navržen průvlak o rozměrech 150x250 mm, který bude přenášet posouvající síly vzniklé uložení ramen. Krytí výztuže $c_{nom} = 25$ mm.



Obr. 5.9 – Statické schéma schodiště a zatížení schodišťovými rameny na podestu



Obr. 5.10 - Hodnoty návrhových momentů u horního okraje



Obr. 5.11 - Hodnoty návrhových momentů u dolního okraje

Tab. 5.9 - Návrh výztuže podesty

Pole	Moment	Návrh								
		m_{Ed}	d	z	$a_{s,req}$	$a_{s,min,1}$	$a_{s,min,2}$	$a_{s,max}$	Výztuž	a_s
		[kNm/m']	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]		[mm ²]
1	m_x^+	-4,92	115	103,5	109,33	149,5	174	6000	φ8/150	335,1
	m_y^+	-11,55	105	94,5	281,11	136,5	174	6000	φ8/150	335,1
	m_x^-	2,89	115	103,5	64,22	149,5	174	6000	φ8/150	335,1
	m_y^-	8,10	105	94,5	197,14	136,5	174	6000	φ8/150	335,1

Tab. 5.10 - Posouzení výztuže podesty

Pole	Moment	Posouzení					
		m_{Ed}	x	ξ	m_{Rd}	$m_{Rd} > m_{Ed}$	%
		[kNm/m']	[mm]		[kNm/m']		
1	m_x^+	-4,92	9,11	0,08	16,22	Vyhoví	30,33
	m_y^+	-11,55	9,11	0,09	14,77	Vyhoví	78,21
	m_x^-	2,89	9,11	0,08	16,22	Vyhoví	17,81
	m_y^-	8,10	9,11	0,09	14,77	Vyhoví	54,85

Návrh a posouzení výztuže průvlaků byl proveden podle vzorců (5.6) až (5.39). Výpočet byl proveden v následujících tabulkách Tab. 5.11, Tab. 5.12, Tab. 5.13 a Tab. 5.14. Nosná výztuž byla navržena $3 \times \varnothing 8 \text{ mm}$. Třmínky byly navrženy jako dvoj střížné $\varnothing 6 \text{ á } 100 \text{ mm}$.

Tab. 5.11 - Návrh výztuže průvlaku

Průvlak	Moment	Návrh hlavní nosné výztuže								
		M_{Ed}	I	d	z	$A_{s,req}$	$A_{s,min}$	$A_{s,max}$	Výztuž	A_s
		[kNm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]		[mm ²]
A	M_y^+	-11,55	2200,00	213	191,7	138,58	41,535	1500	3x ϕ 8	150,8
	M_y^-	8,10	2200,00	221	198,9	93,67	43,095	1500	3x ϕ 8	150,8

Tab. 5.12 - Posouzení výztuže průvlaku

Průvlak	Moment	Posouzení hlavní nosné výztuže								
		M_{Ed}	F_s	x	ξ	ξ_{bal}	M_{Rd}	$M_{Rd} > M_{Ed}$		
		[kNm]	[kN]	[mm]	[-]	[-]	[kNm]			
A	M_y^+	-11,55	65,56	27,318	0,1283	0,62	13,249	vyhoví	87,18	
	M_y^-	8,10	65,56	27,318	0,1236	0,62	13,773	vyhoví	58,81	

Tab. 5.13 - Posouzení smykové výztuže průvlaku

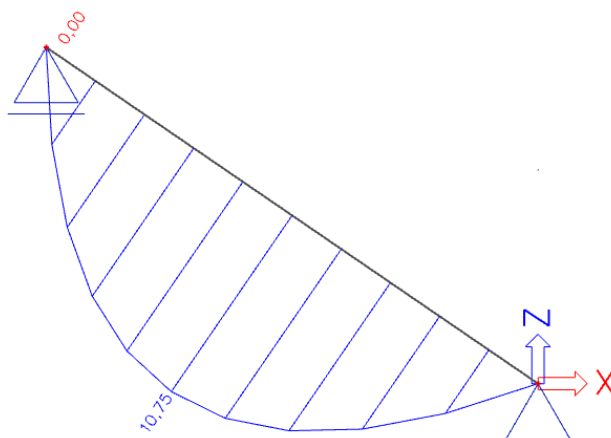
Průvlak	Posouzení smykové výztuže					
	V_{Ed}	Profil	A_{sw}	$V_{Rd,s}$	$V_{Rd,max}$	$V_{Rd} > V_{Ed}$
	[kN]		[mm ²]	[kN]	[kN]	
C	18,97	ϕ 6 á 100	56,55	47,132	172,53	vyhoví

Tab. 5.14 - Kontrola smykové výztuže průvlaku

Průvlak	Kontrola vyztužení smykovou výztuží						
	Profil	ρ_{sw}	$\rho_{sw,min}$	s_t	$s_{t,max}$	s_l	$s_{l,max}$
		[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
C	ϕ 6 á 100	0,00377	0,00088	106	159,75	100	319,5

5.5.2 Výztuž schodišťových ramen

Nosná část schodišťových ramen bude šikmá deska, na kterou budou nadbetonovány schodišťové stupně. Maximální kladný moment na desce $M_y = 10,75 \text{ kNm}$. Deska bude posouzena podle vzorců (5.38) až (5.50). Posouzení bylo provedeno v tabulkách Tab. 5.15 a Tab. 5.16. Rozdělovací výztuž desky bude stejná jako hlavní nosná výztuž. Možnost použít kari síť.



Obr. 5.12 - Průběh ohybových momentů na schodišťovém rameni

Tab. 5.15 - Návrh výztuže desky schodišťového ramene

Moment	Návrh								
	m_{Ed}	d	z	$a_{s,req}$	$a_{s,min,1}$	$a_{s,min,2}$	$a_{s,max}$	Výztuž	a_s
	[kNm/m']	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]		[mm ²]
m_y	10,75	115	103,5	238,89	149,5	174	6000	φ8/150	335,1

Tab. 5.16 - Posouzení výztuže desky schodišťového ramene

Moment	Posouzení					
	m_{Ed}	x	ξ	m_{Rd}	$m_{Rd} > m_{Ed}$	%
	[kNm/m']	[mm]		[kNm/m']		
m_y	10,75	9,11	0,08	16,22	Vyhoví	66,26

5.6 Zdivo

5.6.1 Návrhová únosnost zděné stěny v tlaku

Pro posouzení svislé únosnosti zdiva v tlaku byla zvolena obvodová stěna 1.NP. Stěna je z pórobetonových tvárnic Ytong Lambda 450. Výška stěny $h = 3000 \text{ mm}$, tloušťka stěny $t = 450 \text{ mm}$. Normalizovaná průměrná pevnost zdícího prvku v tlaku $f_b = 2,5 \text{ MPa}$. Stěna byla posouzena zjednodušenou metodou dle [6]. Stavba vyhoví daným podmínkám, a proto může být použit zjednodušený postup.

Efektivní výška stěny

$$h_{ef} = \rho_n \cdot h = \rho_2 \cdot 3 = 0,75 \cdot 3 = 2,25 \text{ m} \quad (5.56)$$

Účinná tloušťka stěny

$$t_{ef} = t = 0,45 \text{ m}$$

Štíhlost stěny

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{2,25}{0,45} = 5 \leq 21$$

Zatížení v hlavě stěny

$$N_{Ed} = 63,72 \text{ kN/m}$$

Zatížení uprostřed výšky stěny

$$N_{Ed,m} = 63,72 + 0,45 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 1,35 = 66,45 \text{ kN/m}$$

Zatížení v patě stěny

$$N_{Ed,i} = 63,72 + 0,45 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1,35 = 69,19 \text{ kN/m}$$

Charakteristická pevnost zdiva

$K = 0,8$ (pórobetonové tvárnice, malta pro tenké spáry)

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85} = 0,8 \cdot 2,5^{0,85} = 1,74 \text{ MPa} \quad (5.57)$$

Návrhová pevnost zdiva v tlaku

$\gamma_M = 2,2$ (zdící prvky kategorie I, návrhová malta)

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} = \frac{1,74}{2,2} = 0,79 \text{ MPa} \quad (5.58)$$

Svislá únosnost zdiva v tlaku

$$\begin{aligned} N_{Rd} &= c_A \cdot A \cdot f_d = 0,5 \cdot 0,45 \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 10^3 = \\ &= 177,75 \text{ kN/m} \end{aligned} \quad (5.59)$$

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

Podmínka vyhoví

5.6.2 Stěna zatížena bočním tlakem větru

Pro posouzení stěny zatížené bočním tlakem větru byla zvolena obvodová stěna 2. NP. Stěna je z pórobetonových tvárnic Ytong Lambda 450. Výpočet únosnosti stěny v ohybu je založen na předpokladu klenbového působení stěny. Uložení vazeb trojkloubového oblouku se předpokládá v podporách a ve středním kloubu ve vzdálenosti 0,1 násobku tloušťky stěny. Uvažuje se uložení v kratším směru. Výška stěny $h = 2250 \text{ mm}$, tloušťka stěny $t = 450 \text{ mm}$. Normalizovaná průměrná pevnost zdícího prvku v tlaku $f_b = 2,5 \text{ MPa}$. Návrhová pevnost zdiva v tlaku $f_d = 0,79 \text{ MPa}$.

Vzepětí klenby

$$r = 0,9 \cdot t - d_a = 0,9 \cdot 0,45 - 0 = 0,405 \quad (5.60)$$

$$\frac{h}{t} = \frac{2,25}{0,45} = 5 \leq 25 \rightarrow d_a = 0$$

Maximální tlaková síla v obloukové vazbě na jednotku délky stěny

$$\begin{aligned} N_{ad} &= 1,5 \cdot f_d \cdot \frac{t}{10} = 1,5 \cdot 0,75 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,45}{10} = \\ &= 53,33 \text{ kN/m} \end{aligned} \quad (5.61)$$

Moment na mezi únosnosti stěny

$$M_{Rd,y} = N_{ad} \cdot r = 53,33 \cdot 0,405 = 21,6 \text{ kNm/m} \quad (5.62)$$

Návrhový moment od zatížení větrem

$$\begin{aligned} M_{Ed,y} &= \frac{1}{8} \cdot w_{Ed} \cdot h^2 = \frac{1}{8} \cdot (0,612 \cdot 1,5) \cdot 2,25^2 = \\ &= 0,58 \text{ kNm/m} \end{aligned} \quad (5.63)$$

$$M_{Rd,y} \geq M_{Ed,y}$$

Podmínka vyhoví

5.7 Základová konstrukce

Základovou konstrukci tvoří základový pás z prostého betonu C16/20, na kterém je nade zděná stěna z betonových tvárnic ztraceného bednění. Stěna je vyztužena dle konstrukčních zásad svislou a vodorovnou výztuží. Výška stěny 750 mm. Rozměry základu a tloušťka stěny budou popsány v následujícím textu. Zatížení základových pásů je vypočítáno v následujících tabulkách. Pro výpočet byl zvolen základ pod obvodovou zdí a stěnou garáže. Pod vnitřní nosnou stěnou bude stejný základ jako pod obvodovou zdí. V hloubce založení 1 m se nachází jemnozrnná zemina třídy F4 jíl písčité CS tuhé konzistence. Tabulková hodnota výpočtové únosnosti této zeminy $R_{dt} = 250 \text{ kPa}$.

5.7.1 Zatížení

Základový pás č.1 je základový pás pod obvodovou stěnou tloušťky 450 mm. Základový pás č.2 je základový pás pod obvodovou zdí garáže tl. 300 mm.

Tab. 5.17 - Výpočet zatížení na základový pás č.1

Zatížení	Popis zatížení				g_k [kN/m]
	Rozměr [m]	ρ [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]	γ_f	
Reakce od 2.NP	-	-	-	-	63,72
Věvec 1.NP	0,3x0,25	2500	-	1,35	2,53
Stěna	0,45x3	-	1,54	1,35	6,25
Podlaha 1.NP	4	-	1,37	1,35	7,42
Ztracené bednění	0,4*0,75	2500		1,35	10,13
Užitné-podlaha	4	-	3	1,5	18,00

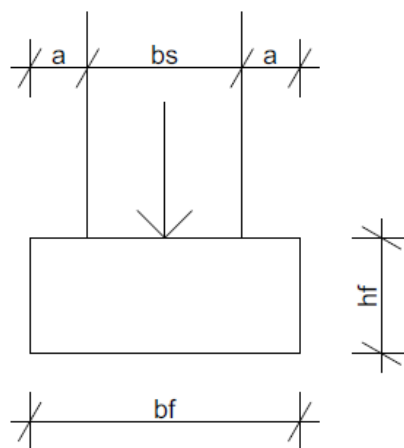
108,05

Tab. 5.18 - Výpočet zatížení na základový pás č.2

Zatížení	Popis zatížení				g_k [kN/m]
	Rozměr [m]	ρ [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]	γ_f	
Reakce od 2.NP	-	-	-	-	15,81
Věvec 1.NP	0,3x0,25	2500	-	1,35	2,53
Stěna	0,3x3	-	1,54	1,35	6,25
Podlaha 1.NP	1,5	-	1,37	1,35	2,78
Ztracené bednění	0,3*0,75	2500		1,35	7,59
Užitné-podlaha	1,5	-	3	1,5	6,75

41,72

5.7.2 Návrh a posouzení základových pásů



Obr. 5.13 - Schéma rozměrů základového pásu

Odhad vlastní tíhy základů

$$G_0 = 0,1 \cdot N_{Ed} \quad (5.64)$$

Výpočet efektivní plochy základů

$$A_{eff,0} \geq \frac{N_{Ed} + G_0}{R_{dt}} \quad (5.65)$$

Efektivní plocha základu

$$A_{eff} = b_f \cdot h_f \quad (5.66)$$

Výpočet šířky pásu L=1 m

$$b_f = \frac{A_{eff,0}}{L} = \frac{A_{eff,0}}{1} \quad (5.67)$$

Návrh výšky základového pásu

$$h_f = \left(\frac{b_f - b_s}{2} \right) \cdot \tan \alpha \quad (5.68)$$

Napětí v základové spáře

$$\sigma_{gd} = \frac{N_{Ed} + G_0}{A_{eff}} \quad (5.69)$$

Pevnost v tahu – prostý beton

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} ; \alpha_{ct} = 0,7 \quad (5.70)$$

Kontrola rozměrů patky

$$h_f \geq h_{f,min} = \frac{a}{0,85} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \sigma_{gd}}{f_{ctd}}} \quad (5.71)$$

Účinky zatížení

$$M_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{gd} \cdot b_f \cdot a^2 \quad (5.72)$$

Maximální napětí (v tlaku i tahu)

$$\sigma_{Ed,h} = \frac{3 \cdot \sigma_{gd} \cdot a^2}{h_f^2} \quad (5.73)$$

Posouzení

$$\sigma_{Ed,h} \leq f_{ctd} \quad (5.74)$$

$$\sigma_{gd} \leq R_{dt} \quad (5.75)$$

Návrh a posouzení základový pásů byl proveden v Tab. 5.19 podle vzorců (5.64) až (5.75).

Tab. 5.19 - Návrh a posouzení základových pásů

Základový pás	N_{ed} [kN/m]	R_{dt} [kPa]	G_0 [kN/m]	$A_{eff,0}$ [m ²]	b_f [m]	Návrh b_f [m]	h_f [m]	Návrh h_f [m]	A_{eff} [m ²]
1	108,05	250	10,81	0,48	0,48	0,70	0,26	0,35	0,70
2	41,72	250	4,17	0,18	0,18	0,60	0,17	0,35	0,60
	σ_{gd} [kPa]	f_{ctd} [kPa]	$h_{f,min}$ [m]	M_{ed} [kNm/m]	$\sigma_{ed,h}$ [kPa]	$\sigma_{ed,h} > f_{ctd}$ [-]	$R_{dt} > \sigma_{gd}$ [-]		
1	163,11	606,67	0,16	1,28	89,88	vyhoví	vyhoví		
2	78,28	606,67	0,11	0,53	43,14	vyhoví	vyhoví		

5.7.3 Návrh výztuže stěny ze ztraceného bednění

Výztuž stěny byla navržena dle konstrukčních zásad. Výška stěny $h = 750 \text{ mm}$, tloušťka stěny $b_1 = 400 \text{ mm}$; $b_2 = 300 \text{ mm}$.

Návrh svislé výztuže

$$A_c = b \cdot h \quad (5.76)$$

$$A_{c,1} = 400 \cdot 750 = 300 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,2} = 300 \cdot 750 = 225 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot A_c \quad (5.77)$$

$$A_{sv,min,1} = 0,002 \cdot 300 \cdot 10^3 = 600 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,min,2} = 0,002 \cdot 225 \cdot 10^3 = 450 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,max} = 0,04 \cdot A_c \quad (5.78)$$

$$A_{sv,max,1} = 0,04 \cdot 300 \cdot 10^3 = 12000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,max,2} = 0,04 \cdot 225 \cdot 10^3 = 9000 \text{ mm}^2$$

$$s_{max} = \min \left\{ \begin{matrix} 3 \cdot h = 3 \cdot 400 = 1200 \\ 400 \end{matrix} \right\} = 400 \text{ mm} \quad (5.79)$$

Pro základ č.1 návrh $\emptyset 8/150 \text{ mm}$ u obou okrajů $A_{s1} = 670 \text{ mm}^2$.

Pro základ č.1 návrh $\emptyset 8/200 \text{ mm}$ u obou okrajů $A_{s2} = 502 \text{ mm}^2$.

Návrh vodorovné výztuže

$$A_{sh,min} = 0,25 \cdot A_{sv} \quad (5.80)$$

$$A_{sh,min,1} = 0,25 \cdot 670 = 167,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh,min,1} = 0,25 \cdot 502 = 125,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh,min} \geq 0,001 \cdot A_c \quad (5.81)$$

$$A_{sh,min,1} \geq 0,001 \cdot 300 \cdot 10^3 = 300 \text{ mm}^2 \rightarrow A_{sh,min,1} = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh,min,2} \geq 0,001 \cdot 225 \cdot 10^3 = 225 \text{ mm}^2 \rightarrow A_{sh,min,1} = 225 \text{ mm}^2$$

Pro základ č.1 návrh $3 \times \emptyset 8$ do každé ložné spáry $A_{sh,1} = 452 \text{ mm}^2$.

Pro základ č.2 návrh $2 \times \emptyset 8$ do každé ložné spáry $A_{sh,2} = 302 \text{ mm}^2$.

6 Závěr

V rámci této bakalářské práce byl proveden statický výpočet vybraných železobetonových prvků rodinného domu. V první části byl proveden krátký popis dispozičního a konstrukčního řešení rodinného domu. Ve druhé části bylo popsáno uvažované zatížení na objekt, které bylo ve třetí části spočítáno. Ve čtvrté části byl k jednotlivým prvkům vytvořen výpočetní model, ze kterého byly získány vnitřní síly, na které pak byly prvky dimenzovány a následně posouzeny a ověřeny konstrukční zásady. Byla navržena střešní konstrukce z panelů Spiroll, železobetonový věnec, železobetonová monolitická stropní konstrukce, železobetonové monolitické schodiště, zděná konstrukce z pórobetonových tvárnic, základová konstrukce z pásů z prostého betonu a železobetonové stěny ve ztraceném bednění.

Součástí této bakalářské práce je také výkresová dokumentace, která se nachází v přílohách. Byla vypracována situace rodinného domu, tj. výkresy půdorysů 1. a 2. NP a řez objektem. Dále výkresy výztuže a tvaru vybraných železobetonových prvků.

Vypracování bakalářské práce bylo pro autora velkým přínosem, protože si prohloubil zkušenosti s modelováním výpočetních modelů v programu SCIA Engineer a také si prohloubil teoretické a praktické zkušenosti s navrhováním železobetonových a zděných konstrukcí.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Pavlíně Matečkové, Ph. D. za vstřícný přístup a cenné rady během vypracování této práce.

Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. ČNI, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. ČNI, 2005.
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. ČNI, 2007.
- [4] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI, 2006.
- [5] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. ČNI, březen 2004.
- [6] ČSN EN 1996-1-1 +A1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce. ČNI, leden 2013.

Seznam obrázků a tabulek

Obrázky

Obr. 4.1 - Tvarový součinitel zatížení sněhem – pultová střecha [2].....	16
Obr. 4.2 - Tvarové součinitele zatížení sněhem a délka návěje [2]	17
Obr. 4.3 - Označení ploch u svislých stěn [3].....	19
Obr. 4.4 – Označení ploch pro ploché střechy [3]	21
Obr. 5.1 – Hodnoty návrhových momentů m_x	24
Obr. 5.2 – Schéma rozmístění desek	33
Obr. 5.3 - m_{x+} = návrhový moment u horního okraje ve směru osy x	36
Obr. 5.4 - m_{y+} = návrhový moment u horního okraje ve směru osy y	36
Obr. 5.5 - m_{x-} = návrhový moment u dolního okraje ve směru osy x	37
Obr. 5.6 - m_{y-} = návrhový moment u dolního okraje ve směru osy y	37
Obr. 5.7 - Vnitřní síly ohybové momenty	41
Obr. 5.8 - Vnitřní síly posouvající síly	42
Obr. 5.9 – Statické schéma schodiště a zatížení schodišťovými rameny na podestu	44
Obr. 5.10 - Hodnoty návrhových momentů u horního okraje	44
Obr. 5.11 - Hodnoty návrhových momentů u dolního okraje.....	45
Obr. 5.12 - Průběh ohybových momentů na schodišťovém rameni.....	47
Obr. 5.13 - Schéma rozměrů základového pásu.....	51

Tabulky

Tab. 4.1 - Skladba ploché střechy	13
Tab. 4.2 - Skladba podlahy (laminátová podlaha)	13
Tab. 4.3 - Skladba podlahy (keramická dlažba).....	14
Tab. 4.4 - Skladba podlahy (koberec)	14
Tab. 4.5 - Skladba podlahy (schodiště)	14
Tab. 4.6 - Skladba obvodových stěn	14
Tab. 4.7 - Skladba vnitřních nosných stěn.....	15
Tab. 4.8 - Skladba vnitřních příček	15
Tab. 4.9 - Užité zatížení [1]	15
Tab. 4.10 - Tvarové součinitele sklonu střechy [2].....	16
Tab. 4.11 - Součinitel typu krajiny [2]	16
Tab. 4.12 - Hodnoty součinitelů vnějších tlaků cpe pro svislé stěny [3].....	19
Tab. 4.13 - Hodnoty součinitelů vnějších tlaků cpe pro ploché střechy s atikou [3]	22
Tab. 5.1 - Návrh výztuže desky	38
Tab. 5.2 - Posouzení výztuže desky	39
Tab. 5.3 – Omezení průhybu.....	40
Tab. 5.4 - Návrh hlavní nosné výztuže.....	42
Tab. 5.5 - Posouzení hlavní nosné výztuže.....	42
Tab. 5.6 - Posouzení smykové výztuže průvlaku.....	42
Tab. 5.7 - Kontrola vyztužení smykovou výztuží	43
Tab. 5.8 - Omezení průhybu	43
Tab. 5.9 - Návrh výztuže podesty	45
Tab. 5.10 - Posouzení výztuže podesty	45
Tab. 5.11 - Návrh výztuže průvlaku	46
Tab. 5.12 - Posouzení výztuže průvlaku.....	46
Tab. 5.13 - Posouzení smykové výztuže průvlaku.....	46
Tab. 5.14 - Kontrola smykové výztuže průvlaku.....	46
Tab. 5.15 - Návrh výztuže desky schodišťového ramene.....	47
Tab. 5.16 - Posouzení výztuže desky schodišťového ramene	47
Tab. 5.17 - Výpočet zatížení na základový pás č.1	50
Tab. 5.18 - Výpočet zatížení na základový pás č.2	50
Tab. 5.19 - Návrh a posouzení základových pásů.....	53

Seznam příloh

Příloha A1 – PŮDORYS 1.NP, M1:50

Příloha A2 – PŮDORYS 2.NP, M1:50

Příloha A3 – ŘEZ A-A', M1:50

Příloha A4 – ZÁKLADY, M1:50

Příloha A5 – SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ PANELŮ SPIROLL, M1:50

Příloha A6 – VĚNEC 2.NP, M1:50

Příloha A7 – VÝZTUŽ DESKY 1.NP, M1:50

Příloha A8 – VĚNEC 1.NP, M1:50

Příloha A9 – SCHODIŠTĚ, M1:25